

# 纤维增强塑料(FRP)混凝土结构 疲劳性能研究进展

邓宗才, 王作虎, 杜修力, 刘景园, 牛翠兵

(北京工业大学建工学院 北京市 100022)

**摘 要:** FRP 混凝土结构的疲劳性能是结构非常重要的一个性能, 目前国内外对这方面的研究还较少, 本文简要从 FRP 新建结构和 FRP 加固混凝土结构两方面介绍了国内外对 FRP 混凝土结构疲劳性能的研究进展, 并对今后拟开展的研究工作提出了建议。

**关键词:** FRP(纤维增强塑料); 疲劳性能; 疲劳荷载

钢筋混凝土结构通常主要承受静载作用, 但在实际工程中还有许多结构, 如桥梁、吊车梁及海洋平台等结构, 除了承受静载作用外, 还要经常承受重复循环荷载作用。但是较早以前混凝土结构是按允许应力法进行设计的, 而且采用的允许应力值比较低, 这使得疲劳问题不是很突出。最近十几年来, 由于土建事业的发展, 高强钢绞线、高强纤维筋的开发与运用已经取得了长足进展, 许多预应力构件处于高应力状态, 使得混凝土结构的疲劳性能的研究已经成为一个十分突出问题。目前用纤维增强塑料预应力加固桥梁的工程实例不断增多。对于桥梁工程, 疲劳问题非常重要。因此研究纤维增强塑料预应力加固结构的疲劳强度、疲劳寿命、能量吸收和疲劳累计损伤规律具有十分重要的现实意义。

对于预应力混凝土结构, 从静载的角度, 希望张拉控制应力高, 但预应力水平过高时, 疲劳寿命下降, 因此需要试验研究纤维增强塑料预应力水平和疲劳应力幅值对疲劳寿命的影响, 确定合理的预应力水平、张拉控制应力和疲劳应力幅值等。

在桥梁、水利及海港工程中, 如何提高结构的耐久性是一个至关重要的问题。彻底解决钢筋锈蚀问题一个行之有效的方法是采用纤维增强塑料(简称 FRP)。与钢筋相比, FRP 具有耐腐蚀、质量轻、强度高、弹性模量适中、应力松弛小等特点, FRP 在桥梁

等混凝土结构中具有十分广阔的应用前景, FRP 混凝土结构及其制品的研究和开发在国际上已经成为热点。目前对于 FRP 混凝土结构在静力下的性能研究较多; 但对于 FRP 混凝土结构疲劳性能的研究国外已有报道, 在国内才刚刚起步, 亟待补充。FRP 作为替代钢筋的一种理想材料, 无论是用于新建结构还是用于既有结构的加固, 结构的抗疲劳性能都是一个不可回避的重要问题。

## 1 FRP 筋的疲劳性能

自 20 世纪 90 年代初期开始, 人们开始对不同纤维组成的 FRP 筋的疲劳性能进行了研究。1995 年 Uomoto 等人对 GFRP、CFRP、AFRP 筋的抗拉强度、蠕变性能和疲劳性能进行了研究<sup>[1]</sup>, 研究表明 FRP 的疲劳强度与纤维的种类有关, 并且受应力幅值、平均应力和加载次数的影响较大。1999 年 Hamid Saadatmanesh 等研究了 CFRP 筋和 CFRP 绞线在不同环境、不同温度和不同应力水平下的松弛、蠕变性能和常温空气中的抗拉疲劳性能<sup>[2]</sup>, 疲劳试验研究的参数有: 疲劳最小应力和应力幅值。极限应力、最小应力和应力幅值分别用  $\sigma_u$ 、 $\sigma_{\min}$  和  $R$  表示。对于 CFRP 绞线,  $\sigma_{\min}/\sigma_u$  取 30%~90%, 应力幅值  $R$  取极限应力的 5%、10% 和 20%, 加载频率取 3~5 Hz。试验主要结论为: 当应力幅取 5%  $\sigma_u$  时, 对于任意的

$R/\sigma_{\min}$ , 两种碳纤维棒材都完成了 300 万次疲劳而没有破坏, 残余静力强度可达到极限强度的 90% 以上, 且弹性模量变化较小; 当应力幅取  $10\%\sigma_u$  时, 对于 CFRP 绞线只有  $\sigma_{\min}=30\%$ 、 $40\%$  和  $50\%$  的试件完成了 300 万次疲劳, CFRP 的疲劳强度随着  $R$  和  $\sigma_{\min}$  的增加而降低。

Hamid Saadatmanesh 等人还对 AFRP 筋的疲劳性能进行了研究<sup>[3]</sup>, 试验变化的参数也是  $\sigma_{\min}/\sigma_u$ 、 $R/\sigma_{\min}$  和加载频率, 主要试验结果有: 在应力幅取  $5\%\sigma_u$  时, 所有试件均完成了 300 次疲劳荷载, 随着  $R/\sigma_{\min}$  值的加大, 试件弹性模量增加越明显; 随着  $R$  和  $\sigma_{\min}$  增加, AFRP 的疲劳寿命降低; 在  $R$  取  $5\%\sim 10\%\sigma_u$  时, AFRP 筋的疲劳性能较好。影响 FRP 筋疲劳强度的主要因素是应力变化幅值  $R$  和最小应力  $\sigma_{\min}$ 。由于 FRP 筋是由纤维材料和树脂复合而成, 在疲劳荷载下, 树脂不仅对纤维起保护作用, 而且树脂对疲劳裂缝的不传递性, 使 FRP 筋表现出良好的疲劳性能。

## 2 FRP 混凝土结构的疲劳性能

自 20 世纪 90 年代以来, 国内外一些科研机构开始研究 FRP 混凝土结构的疲劳性能, 其中试验研究较多, 理论研究较少。FRP 材料用于混凝土结构主要有两种形式: 一是直接应用于新建结构中; 二是用于对既有结构的维修加固。下面分别从这两方面介绍国内外最新研究成果。

### 2.1 FRP 新建结构的疲劳性能

#### 2.1.1 非预应力 FRP 混凝土结构的疲劳性能

Sanjeev 和 Hota 对 FRP 筋混凝土桥板在疲劳荷载作用下的性能进行了研究<sup>[4]</sup>, 试验设计了 4 个不同的梁板结构, 梁的刚度和间距不同, 梁和板的联结方式不同, 板的横断面是否加预压应力, 详见表 1。加载频率为 1 Hz (低于该试件的自振频率 3.37 Hz), 加载次数为 250 万次。

表 1 试件设计

试件	板尺寸/m	纵梁尺寸	板浇注方式	横向预应力
1	2.10×3.66	2W21×44@1.52	现浇	有
2	2.10×3.66	2W21×44@1.83	现浇	有
3	2.06×3.66	2W21×44@1.83	预制	没有
4	2.06×3.66	3W14×22@1.83	预制	没有

注: 表中纵梁尺寸中 2W21×44@1.52 表示 2 根钢梁, 尺寸为 21×44, 间距为 1.52, 单位都是英寸。

该试验主要研究疲劳荷载下 FRP 筋混凝土板的刚度、强度退化与疲劳加载次数之间的关系。试验结果表明, 整个加载过程中, FRP 筋与混凝土之间的粘结应力变化不大, FRP 筋应力较小, 所有试件均未发生 FRP 筋疲劳粘结破坏; FRP 筋混凝土板的疲劳刚度退化和钢筋混凝土板相当; 施加横向预应力可以控制刚度退化; 减小纵梁间距可以限制裂缝开展并增强纵梁与混凝土板的作用, 但与施加横向应力相比, 它更经济。

2003 年 Amjad H 和 Aftab A 也对 FRP 筋混凝土桥面板的疲劳性能进行了研究<sup>[5]</sup>, 试验变化参数有: 桥面板受力筋种类 (钢筋, CFRP 筋和 GFRP 筋)、疲劳荷载和加载频率。疲劳试验结果为: 在 25 t 疲劳荷载下, FRP 筋桥面板完成了 100 万次疲劳加载, 相当于在要求的疲劳次数下, 板的承载力提高了 30%; 在 25 t 和 50 t 疲劳荷载下, 板的挠度和最大裂缝宽度均随着疲劳次数而增加, 考虑到桥面板的使用荷载 (CL-625 卡车的最大轮压为 87.5 kN), 板的最大挠度和最大裂缝宽度都在规范要求内; FRP 筋板在 25 t 疲劳荷载下完成了 100 万次疲劳, 在 50 t 下完成了 25 万次疲劳, 均比要求的疲劳寿命高。

Nikola 等还对一种复合 FRP 混凝土梁的疲劳性能进行了研究<sup>[6]</sup>, 复合 FRP 混凝土梁采用 GFRP 真空矩形截面作骨架, 上面浇注混凝土, 下面再粘贴 CFRP。试验共设计了 4 根梁 (详见表 2), 6 号、7 号梁做静力试验, 4 号、5 号梁做疲劳试验, 疲劳试验变化参数是疲劳荷载的上、下限。

表 2 复合梁的设计参数

梁编号	混凝土层厚度/mm	GFRP 腹板厚度/mm	CFRP 面积/mm <sup>2</sup>
4	5.0	3.0	20.1
5	5.0	2.9	20.4
6	4.9	2.9	19.8
7	5.2	3.0	20.0

研究结果有: 4 号梁在 20~40 kN 疲劳荷载下经历了 330 万次疲劳, 由于梁支座处破坏而结束; 5 号梁在 40~80 kN 疲劳荷载下经历了 440 万次疲劳, 是由于受拉区 CFRP 断裂而结束; 2 根梁的挠度均随疲劳次数的增加而增加, 但 5 号梁增加的时间较早。

综上所述, 非预应力 FRP 混凝土结构的抗疲劳性能较好, 疲劳加载应力水平对结构的疲劳寿命影响较大。

### 2.1.2 FRP 预应力混凝土结构的疲劳性能

2000年Nabil F对预应力CFRP筋混凝土连续梁的疲劳性能进行了试验研究<sup>[7]</sup>。梁试件采用双T形截面,采用体内有粘结预应力筋与体外无粘结预应力筋混合配置;在受压区配置FRP栅格筋。试验结论:即使重复荷载为桥梁使用荷载的2倍,疲劳荷载对体外无粘结预应力筋的应力也几乎没有影响;重复荷载对结构主要参数(如挠度、应力或刚度)的影响,主要取决于疲劳荷载的大小及加载次数,但调整体外预应力水平后,这些参数又可基本恢复;体外预应力水平调整后,疲劳荷载循环次数对梁的刚度和桥面板的应变的影响将变得不显著;连续梁在极限荷载下的破坏为延性破坏;与简支梁相比,FRP筋预应力连续梁耗能比例提高48%,跨中挠度减少75%,承载力提高1.5倍。

Nabil F和George还对FRP筋预应力混凝土斜拉桥的疲劳性能进行了研究<sup>[8]</sup>,主要研究疲劳加载全过程中,结构各种参数的变化情况。试验共设计了2座斜拉桥模型,分别为15°和30°,试件纵向采用体内有粘结预应力CFRP筋和体外无粘接预应力CFRP筋相结合,横向也配置了有粘接预应力FRP筋,以增强结构的整体性。结果有:在经过700万次疲劳荷载后,30°和15°梁斜拉桥的主振频率分别减少0.3和0.5,表明重复荷载对2个模型的动力性能基本没有影响;施加横向预应力,对斜拉桥荷载在横向分布影响不大;随着疲劳次数的增加,斜拉桥跨中腹板混凝土应变呈线性增加,表明斜拉桥在重复荷载下表现出线弹性;2个斜拉桥的破坏模式都是混凝土先压碎,然后体内有粘结筋发生断裂,体外无粘接预应力筋均无断裂。

A. A. Abdelrahman等也研究了预应力CFRP筋混凝土梁的疲劳性能<sup>[9]</sup>,试验共设计了4根体内有粘结预应力CFRP筋T形梁,2根疲劳试验梁的CFRP类型不同。研究结果表明:经过200万次疲劳后的静载试验,预应力CFRP筋梁的荷载~位移曲线几乎与静载梁的完全一致,表明有较好的抗疲劳性能;经过200万次疲劳后开裂荷载减少30%,梁的刚度没有明显的退化,梁的极限承载力和挠度没有降低;预应力梁在破坏前有较明显的征兆,破坏形态是预应力筋的断裂。

国内学者对普通预应力钢筋混凝土梁的疲劳性能进行了较多的研究<sup>[10~13]</sup>,研究结果表明,预应力钢筋混凝土梁的疲劳破坏是由纵筋疲劳断裂所控

制,只有极少数配筋率很高的梁才由于压区混凝土受压疲劳破坏。而FRP筋预应力梁的疲劳破坏形态一般是受压区混凝土先压坏,然后体内FRP筋发生断裂,体外FRP筋一般不发生破坏;疲劳加载对预应力钢筋混凝土梁的强度、挠度和刚度等的影响较大,而当疲劳荷载小于梁的开裂荷载时,FRP筋预应力梁的静力和动力性能几乎没有影响。

综上所述,FRP筋预应力混凝土梁的抗弯疲劳性能较好,但对于FRP筋预应力混凝土梁的斜截面抗剪疲劳性能还需进一步研究。

### 2.2 FRP 加固混凝土结构的疲劳性能

用FRP加固混凝土结构,也分预应力加固和非预应力加固,FRP预应力加固混凝土结构疲劳性能的研究国内外都较少。东南大学的朱虹等对体外预应力AFRP筋加固RC梁的抗弯疲劳性能进行了研究<sup>[4]</sup>,疲劳荷载上限值取 $0.45\sigma_u$ ,疲劳特征值 $\rho_f$ 取0.4;试验发现在疲劳荷载下,如果保证AFRP筋不被磨坏或剪坏,经受200万次疲劳循环加载后,混凝土梁的极限荷载、荷载~挠度曲线均与静力试验梁非常相似,疲劳循环加载未对构件产生明显的影响,表明体外预应力AFRP筋加固混凝土梁的疲劳性能良好。

西安建筑科技大学的李源等对CFRP加固4根普通钢筋混凝土梁和3根预应力混凝土梁的疲劳性能进行了研究<sup>[15]</sup>,CFRP布采用梁底U形粘贴,纤维方向与梁轴线平行,试验变化参数为:CFRP布层数、疲劳荷载应力水平和加固梁的受力筋形式。经过200万次疲劳加载后,普通RC梁和预应力PC梁均没有发生CFRP剥落现象,梁的强度和刚度都未减低。武汉理工大学的刘沐宇等也研究了CFRP加固损伤混凝土梁的疲劳性能<sup>[16]</sup>,试验主要结果有:在疲劳荷载下,加固梁的裂缝数量增多,间距变密,宽度变小,疲劳抗裂性有了很大改善;加固梁的疲劳寿命提高了45%~60%,挠度减少了25%~35%;2层CFRP布比1层CFRP布能显著提高混凝土梁的疲劳性能。曾宪桃等还对GFRP板加固混凝土梁的疲劳性能进行了研究<sup>[17]</sup>,结果表明:与标准梁相比,补强梁的承载力提高30%以上,刚度只提高13%~15%,说明补强加固梁的疲劳强度不会和静载承载力一样得到同步提高;与单纯粘贴玻璃钢板补强的混凝土梁相比,在玻璃钢板的两端辅之以膨胀螺栓锚固,由于锚栓的销栓作用,虽然不能提高承载力,但能在一定程度上改善梁的破坏形态,提高了梁的

抗弯刚度。

John Aidoo 等对碳纤维布、带加固混凝土梁的疲劳寿命等疲劳特性进行了研究<sup>[18]</sup>, 试验共设计了 8 根 T 形混凝土梁, 试验变化参数有: CFRP 加固类型(单向编织的 CFRP 带和双向编织的 CFRP 布)和疲劳荷载应力水平。主要结果有: 低疲劳荷载应力组试件的疲劳寿命数量级为  $10^6$  次, 高疲劳荷载应力组试件的疲劳寿命数量级为  $10^5$  次, 表明随着应力水平的提高, 加固梁的疲劳寿命降低; 梁的破坏都是由拉区钢筋的断裂而引起的 CFRP 层脱落; 从 CFRP 的应力发展与钢筋的相比, 可以得出 CFRP 带的加固效果比 CFRP 布的好。

M. M. Lopez 等还对 CFRP 加固混凝土梁在低温下的抗弯和抗剪疲劳性能进行了研究<sup>[19]</sup>, 共对 4 根模型梁在温度为  $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$  时进行了试验, 主要研究温度和加载条件对疲劳性能的影响。抗剪疲劳试件的破坏是由受拉钢筋的断裂而引起的 CFRP 层断裂, 抗弯疲劳试件是由 CFRP 板的脱落而引起。与室温下的研究结果对比, 抗剪疲劳试件钢筋的脆断是由低温引起的, 但低温对抗弯疲劳性能影响不大, 即在低温下的弯曲疲劳试验, 虽然 CFRP 板与混凝土的粘结强度有所降低, 但加固梁的刚度却有提高。

FRP 布与混凝土界面的粘结耐久性能, 是影响 FRP 加固混凝土结构疲劳性能的一个重要因素, L. Bizindayi 等对 FRP 与混凝土界面的疲劳性能进行了研究<sup>[20]</sup>。试验共对 13 个 GFRP 试件和 33 个 CFRP 试件进行了研究, 试验变化参数有: 疲劳粘结应力水平、FRP 种类和粘接面几何尺寸(长度、宽度和层数)。试验结果有: 疲劳破坏有 3 种形式: 粘结区外 FRP 断裂, 混凝土剪切剥落, FRP 断裂和混凝土剥落同时发生; 随着疲劳次数的增加, 反复荷载下粘结面的滞回曲线的斜率逐渐下降, 滞回环逐渐变窄, 说明节点逐渐变脆; 疲劳荷载应力变化幅值越大, 粘结面端部的滑移位移越大; 在同等应力幅值下,  $R \neq 0$  试件的滑移位移比  $R = 0$  的大; 滑移位移随着疲劳次数的增加而增加; 粘结宽度越窄, 滑移位移越大, 粘结面越短, 应力水平越高, 试件的疲劳寿命越短。

FRP 加固混凝土结构与粘贴钢板加固结构的疲劳性能有很大区别<sup>[21]</sup>, 粘贴钢板加固, 对梁的刚度提高较多, 破坏形态一般是压区混凝土受压破坏, 钢筋应力的改善比混凝土应力改善明显; FRP 加固混凝土结构疲劳破坏的形态一般为 FRP 层断裂或脱落, FRP 对梁的刚度提高程度没有粘贴钢板大,

两种加固方法结构的抗疲劳效果都较好。

### 3 结语

FRP 混凝土结构的疲劳性能优于钢筋混凝土结构, 为了将 FRP 用于混凝土桥梁等结构的加固, 拟对 FRP 预应力混凝土梁的抗疲劳特性进行深入的研究: (1) 研究特殊环境温度下, 预应力 FRP 加固混凝土梁的预应力损失, 不同环境温度对 FRP 预应力混凝土结构疲劳性能的影响, 研究特殊环境温度对粘结性能及加固效果的影响规律, 确定界面粘结力在疲劳荷载下的衰减规律; (2) 研究变幅疲劳荷载下, FRP 预应力混凝土结构的斜截面、正截面疲劳特性, 建立抗疲劳设计理论与计算方法, 为实际工程应用提供参考; (3) 研究 FRP 筋、布和板预应力锚具的疲劳性能。

### 参考文献:

- [1] Uomoto T, Nishimura T, Ohga H. Static and Fatigue Strength of FRP Rods for Concrete Reinforcement [J]. Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures-Proceedings of the Second International RILEM Symposium (FRPRCS-2), 1995.
- [2] Saadatmanesh H, Tannous F E. Relaxation, Creep, and Fatigue Behavior of Carbon Fiber Reinforced Plastic Tendons [J]. ACI Materials Journal, 1999, 96 (2).
- [3] Saadatmanesh H, Tannous F E. Long-Term Behavior of Aramid Fiber Reinforced Plastic (AFRP) Tendons [J]. ACI Materials Journal, 1999, 96 (3).
- [4] Kumar S V, GangaRao Hota V S. Fatigue Response of Decks Reinforced with FRP Rebars [J]. Journal of Structural Engineering, 1998, 124 (1).
- [5] Memon A H, Mufti A A. Fatigue Investigation of Steel-free Concrete Deck Slab Reinforced with GFRP [J]. International SAMPE Symposium and Exhibition (Proceedings), 2003, 48.
- [6] Nikola Deskovic, Urs Meier, Thanasis C. Triantafillou. Innovative Design of FRP Combined with Concrete: Long-term Behavior [J]. Journal of Structural Engineering, 1995, 121 (7).
- [7] Grace N F. Response of Continuous CFRP Prestressed Concrete Bridges Under Static and Repeated Loading [J]. PCI Journal, 2000.
- [8] Grace N F, Abdel-Sayed G. Behavior of Carbon Fiber-Reinforced Prestressed Concrete Skew Bridges [J].

- ACI Materials Journal, 2000, 97(1).
- [9] Abdelrahman A A, Tadros G, Rizkalla S H. Test Model for the First Canadian Smart Highway Bridge [J]. ACI Materials Journal, 1995, 92(4).
- [10] 杨梦蛟, 张澎曾. 预应力梁正截面疲劳抗裂性[J]. 铁道建筑, 1994, (4).
- [11] 杨丽梅, 赵灿辉, 江炳章. 在重复荷载作用下无粘结预应力混凝土梁疲劳抗剪的试验研究[J]. 重庆交通学院学报, 1996, 15(1).
- [12] 李承铭, 马成理. 变幅荷载下混凝土梁斜截面抗剪试验研究[J]. 太原工业大学学报, 1997, 28(增).
- [13] 李秀芬, 吴佩刚, 赵光仪. 高强混凝土梁抗弯疲劳性能的试验研究[J]. 土木工程学报, 1997, 30(5).
- [14] 朱虹, 张继文, 吕志涛. 体外预应力 AFRP 筋 RC 梁的实验研究与设计方法[A]. 第二届全国公路科技创新高层论坛文集[C]. 2004.
- [15] 李源, 张兴虎, 张保印, 等. 碳纤维布加固混凝土梁的疲劳试验研究[J]. 工业建筑, 2004, 32(4).
- [16] 刘沐宇, 李开兵, 张学明, 经柏林. 碳纤维布加固损伤混凝土梁的疲劳性能试验[J]. 武汉理工大学学报, 2004, 26(4).
- [17] 曾宪桃, 李惠民. 粘贴玻璃钢板加固混凝土梁疲劳试验研究[J]. 土木工程学报, 2001, 34(1).
- [18] Aidoo J, Harries K A, Petrou M F. Fatigue Behavior of Carbon Fiber Reinforced Polymer-Strengthened Reinforced Concrete Bridge Girders [J]. Journal of Composites for Construction, 2004, 8(6).
- [19] Lopez M M, Naaman A E, Pinkerton L, Till R D. Behavior of RC beams strengthened with FRP laminates and tested under cyclic loading at low temperatures [J]. International Journal of Materials & Product Technology, 2003, 19(1-2).
- [20] Bizindayi L, Neale K W, Erki M A. Experimental Investigation of Bonded Fiber Reinforced Polymer-Concrete Joints under Cyclic Loading [J]. Journal of Composites for Construction, 2003, 7(2).
- [21] 程而正. 加固钢筋混凝土梁的试验研究[J]. 铁道建筑, 1994, (10).

## An Overview of Researches on Fatigue Behavior of FRP Reinforced Concrete Structures

*DENG Zong-cai, WANG Zuo-hu, DU Xiu-li, LIU Jing-yuan, NIU Cui-bing*

(School of Architecture and Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022)

**Abstract:** Fatigue behavior is one of the most important behaviors of FRP reinforced concrete structures, while there are few studies on this subject at present. In this paper, the present situation of the research on the fatigue behavior of FRP reinforced concrete structures is briefly expounded, including new FRP structures and old structures strengthened with FRP and advices for developing research are provided.

**Key words:** Fiber Reinforced Plastic (FRP); fatigue behavior; fatigue loading

### 兰州“十一五”将实现村村通沥青路

“十一五”期间,兰州市农村公路建设将以县乡公路上等级和村村实现通沥青路为目标,规划农村公路建设项目 496 项,完成投资 8.32 亿元,使全市通村沥青路达到 2 500 km。

“十五”期间,兰州市农村公路建设完成投资 5.96 亿元,建成盐场堡至什川、东岗至金崖、白银至榆中等一批重点县际沥青路项目,完成 180 项农村道路通达项目,承建了满城至秦川等 100 多条县乡公路。今年该市将抓好以通乡沥青路为重点的农村公路建设,开工建设张岗、罗九等 6 条通乡沥青路,确保完成投资 1.8 亿元。通过进一步理顺农村公路的管理和养护体制,加强对县乡公路的养护力度,更好地服务于社会主义新农村建设。